

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷ : H01L 21/762, 21/265	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/22669 (43) Date de publication internationale: 20 avril 2000 (20.04.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02476 (22) Date de dépôt international: 13 octobre 1999 (13.10.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/12950 15 octobre 1998 (15.10.98) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): ASPAR, Bernard [FR/FR]; 110, lot. le Hameau des Ayes, F-38140 Rives (FR). BRUEL, Michel [FR/FR]; Presvert n° 9, F-38113 Veurey (FR). MORICEAU, Hubert [FR/FR]; 26, rue du Fournet, F-38120 Saint Egrève (FR). (74) Mandataire: LEHU, Jean; Brevatome, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).		(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale.
(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A BURIED MATERIAL LAYER IN ANOTHER MATERIAL (54) Titre: PROCEDE DE REALISATION D'UNE COUCHE DE MATERIAU ENTERREE DANS UN AUTRE MATERIAU <div data-bbox="620 1247 1055 1524" data-label="Image"> </div> (57) Abstract The invention concerns a method for producing a buried layer (2) of a first material into a substrate (1) comprising at least a second material, comprising the following steps: forming in the substrate (1), at the desired buried layer, a layer of platelets designed to act as precipitate embryos for producing the first material into the second material; forming germs of precipitates from the formed precipitate embryos, the germs of precipitates corresponding to the first material; causing the growth of the precipitates from the germs by concentrating the species corresponding to the first material and brought to the layer of platelets.		

(57) Abrégé

L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'une couche (2) d'un premier matériau enterré dans un substrat (1) comportant au moins un deuxième matériau. Le procédé comprend les étapes suivantes : la formation dans le substrat (1), au niveau de la couche enterrée désirée, d'une couche de microcavités destinées à servir de centres de nucléation pour élaborer le premier matériau dans le deuxième matériau, la formation de germes de précipités à partir des centres de nucléation formés, les germes de précipités correspondant au premier matériau, la croissance des précipités à partir des germes par concentration d'espèces correspondant au premier matériau et apportées à la couche de microcavités.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

**PROCEDE DE REALISATION D'UNE COUCHE DE MATERIAU
ENTERREE DANS UN AUTRE MATERIAU**

5 Domaine technique

La présente invention concerne un procédé de réalisation d'une couche de matériau enterrée dans un autre matériau. Elle s'applique en particulier au
10 domaine des semiconducteurs et notamment pour la réalisation de substrats du type Silicium sur Isolant.

Actuellement, les substrats de type Silicium sur Isolant (ou SOI pour "Silicon On Insulator") présentent un très grand intérêt pour les
15 applications microélectroniques dans le domaine de la basse consommation. Il existe plusieurs procédés d'obtention de substrats SOI. Les plus utilisés aujourd'hui sont le procédé SIMOX (de l'expression anglo-saxonne "Separation by IMplanted OXYgen") et les
20 procédés basés sur le collage par adhésion moléculaire (appelé "wafer bonding" en anglais). Pour obtenir des films minces de silicium sur de la silice, ces procédés, utilisant le collage par adhésion moléculaire, sont combinés à des procédés
25 d'amincissement. Comme procédé d'amincissement, on peut citer celui divulgué par le document FR-A-2 681 472 où le clivage d'un substrat est obtenu par coalescence, provoquée par un traitement thermique, de microcavités générées par implantation ionique. On peut également
30 citer des procédés utilisant des couches d'arrêt épitaxiées et la gravure sélective.

Etat de la technique antérieure

35 Il est connu que l'implantation par bombardement d'un gaz rare ou d'hydrogène dans un

matériau semiconducteur (cf. FR-A-2 681 472), ou dans un matériau solide cristallin ou non (cf. FR-A-2 748 850), est susceptible de créer des microcavités ou microbulles (encore appelées "platelets" ou "nanoblisters" en anglais) à une profondeur voisine de la profondeur moyenne de pénétration des ions. La morphologie (dimension, forme,...) de ces défauts peut évoluer au cours des traitements thermiques, en particulier ces cavités peuvent voir leur taille augmenter. Suivant la nature du matériau et surtout suivant ses propriétés mécaniques, ces cavités, présentes à la profondeur moyenne de pénétration des espèces gazeuses, peuvent induire suivant les conditions de traitement thermique, des déformations en surface ou "blisters". Les paramètres les plus importants à contrôler pour obtenir ces "blisters" sont la dose de gaz introduite au cours de l'implantation, la profondeur à laquelle les espèces gazeuses sont implantées et le budget thermique total fourni au matériau. Dans certains cas, les conditions d'implantation sont telles qu'après recuit, des microcavités ou microbulles sont présentes au niveau de la profondeur moyenne d'implantation des ions mais leur taille et la pression à l'intérieure de ces cavités ne sont pas suffisantes pour induire des déformations en surface. On se trouve alors en présence d'une couche continue de défauts enterrés sans aucune dégradation de la surface. A titre d'exemple, une implantation d'hydrogène dans une plaque de silicium selon une dose de $3 \cdot 10^{16} \text{H}^+/\text{cm}^2$ et une énergie de 25 keV crée une couche enterrée continue de microcavités d'environ 150 nm d'épaisseur à une profondeur moyenne d'environ 300 nm. Ces microcavités se présentent sous forme allongée : leur taille est de l'ordre de 6 nm en longueur et de deux plans atomiques en épaisseur. Si un recuit est effectué à 600°C durant 30 minutes sur cette plaque,

les microcavités grossissent et voient leur taille passer de 6 nm à plus de 50 nm en longueur et de quelques plans atomiques à 4-6 nm en épaisseur. Par contre, aucune perturbation de la surface n'est observée.

La présence de microcavités s'observe également dans le cas d'une implantation par bombardement d'hélium, au niveau de la profondeur moyenne (R_p) d'implantation dans le silicium. Les cavités, dans ce cas, ont une forme stable qui n'évolue pas au cours du recuit. On peut se référer à ce sujet à l'article "Radiation damage and implanted He atom interaction during void formation in silicon" de V. RAINERI et M. SAGGIO, paru dans Appl. Phys. Lett. 71(12), 22 septembre 1997.

Par ailleurs, il est connu que des défauts présents dans les matériaux sont des centres de nucléation préférentiels pour la formation d'une phase hétérogène. A titre d'exemple, en ce qui concerne la formation de précipités d'oxyde, trois types de nucléation sont répertoriés dans la bibliographie : en phase homogène, en phase homogène sous contraintes, en phases hétérogène (voir par exemple l'article intitulé "Oxygen Precipitation in Silicon" de A. BORHESI et al., paru dans J. Appl. Phys. 77(9), 1995, pages 4169-4244). Cet oxygène qui précipite est contenu dans le matériau initial. Il provient par exemple de l'étape de formation du matériau.

Par nucléation on entend la formation d'aggrégats de quelques atomes d'oxygène dans le silicium pour former des centres de nucléation appelés "nucleis" ou "precipitate embryos" en anglais. De façon simplifiée, la nucléation peut apparaître dans des sites cristallins correspondant à des noeuds du réseau où quelques atomes d'oxygène interstitiels sont proches les uns des autres (nucléation homogène) ou sur des

défauts du réseau (nucléation hétérogène). Il est connu que ces défauts de réseau peuvent être des défauts ponctuels, des défauts induits par la présence d'un élément extérieur à la matrice (par exemple du carbone dans le silicium) ou des complexes comme par exemple des complexes oxygène-carbone (voir l'article cité plus haut de A. BORHESI et al.). Par exemple, les défauts ponctuels intrinsèques au matériau comme les clusters de lacunes formés au cours de la croissance du silicium peuvent également être des centres de nucléation pour obtenir des "nucléis". Par ailleurs, comme exemple de défauts induits par la présence d'un élément extérieur, on peut citer le cas du carbone introduit dans le substrat pour créer une couche continue et enterrée riche en carbone qui servira de zone de nucléation. L'introduction de carbone peut être obtenue par implantation par bombardement de carbone.

Après la phase de formation de ces centres de nucléation, pour obtenir un précipité de taille plus importante, il est nécessaire d'avoir une phase de précipitation. La précipitation dans un matériau est un phénomène d'agrégation d'atomes pour former des petites particules ou précipités.

Le rayon critique r_c qui définit la taille minimale des précipités pouvant exister est donné, pour une concentration d'oxygène en interstitiel dans le matériau, par la relation : $r_c = (2 \sigma / \Delta H) (T_s / T_s - T)$

σ étant l'énergie de surface,

ΔH étant l'enthalpie de formation,

T étant la température exprimée en kelvin,

T_s étant la température d'équilibre correspondant à la quantité d'oxygène donnée,

(voir l'article intitulé "Oxygen Precipitation Czochralski Silicon" de R. CRAVEN, Elec. Chem. Soc., Proceedings of the 4th Int. Symp. on Silicon Materials Science and Technology, Vol. 81-5, 1981).

A partir de cette équation, on voit bien que l'augmentation de la température entraîne la croissance des précipités.

En résumé, les défauts créent des centres de nucléation qui vont servir à la formation de précipités qui vont ensuite grossir.

D'autre part, des études ont montré la possibilité de diminuer le nombre de discontinuités de la couche d'oxyde enterrée dans le cas des substrats SOI obtenus par le procédé SIMOX "faible dose" à l'aide d'une oxydation à haute température (supérieure à 1350°C) du film de silicium (voir le brevet US 5 589 407 et l'article intitulé "An Analysis of Buried-Oxide Growth in Low-dose SIMOX Wafers by High-Temperature Thermal Oxidation" de S. MASUI et al., Proceedings 1995 IEEE International SOI Conference, octobre 1995). Ce procédé, dénommé ITOX (pour Internal Oxidation), permet d'oxyder la couche d'oxyde enterrée au moyen d'une diffusion d'oxygène de la surface vers la couche enterrée d'oxyde. D'autres auteurs montrent que le même phénomène se produit à des températures plus basses, de l'ordre de 1200°C (voir l'article "Internal Oxidation of Low Dose Separation by Implanted Oxygen Wafers in Different Oxygen/Nitrogen Mixtures" de P. ERICSSON et S. BENGTTSSON, accepté pour publication dans la revue Appl. Phys. Lett.).

Ces derniers résultats indiquent que l'introduction d'oxygène dans le matériau dépend au premier ordre du temps passé à haute température et non de la quantité d'oxygène dans l'atmosphère du recuit. Il semble donc que l'introduction d'oxygène soit limitée par la solubilité limite de l'oxygène dans le silicium. Ainsi, plus la température est élevée, plus l'effet d'oxydation de la couche d'oxyde enterrée est rapide. Un exemple de ce phénomène indique qu'à 1200°C, si l'on introduit 5% d'oxygène dans de l'azote, 8 heures de

recuit permettent à la couche enterrée d'oxyde de voir son épaisseur passer de 860 angströms à 1330 angströms. Cette oxydation "interne" présente l'intérêt de diminuer la densité de discontinuités de l'oxyde enterré.

Exposé de l'invention

L'invention propose un nouveau procédé de réalisation d'une couche enterrée de matériau dans un substrat d'un autre matériau. Un aspect original de l'invention consiste à créer des microcavités enterrées dans le substrat et non des défauts cristallins pour créer des pièges. Dans le cas notamment où le substrat est en silicium, ceci permet d'obtenir une couche superficielle de silicium de bien meilleure qualité et n'oblige pas à soumettre le substrat à une température de l'ordre de 1300°C afin de guérir les défauts créés par implantation d'oxygène par exemple.

La présente invention présente aussi l'avantage de pouvoir mettre en oeuvre une implantation avec une faible dose d'un élément léger (par exemple l'hydrogène) qui n'induit pas de défaut cristallin entre la surface implantée et la zone de création de microcavités, contrairement à ce qui se passe lorsque l'on plante des ions comme l'oxygène, le silicium ou l'argon. Ce procédé est simple à mettre en oeuvre, l'implantation pouvant se faire à température ambiante.

L'invention a donc pour objet un procédé de réalisation d'une couche d'un premier matériau enterré dans un substrat comportant au moins un deuxième matériau, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- la formation dans ledit substrat, au niveau de la couche enterrée désirée, d'une couche de microcavités (appelées encore "platelets" ou

microbulles) destinées à servir de centres de nucléation et d'accommodation de volume pour élaborer ledit premier matériau dans le deuxième matériau,

5 - la formation de germes de précipités à partir des centres de nucléation formés, les germes de précipités correspondant au premier matériau,

10 - la croissance des précipités à partir des germes par concentration d'espèces correspondant au premier matériau et apportées à la couche de microcavités.

La couche de microcavités peut être formée en introduisant dans le deuxième matériau des espèces gazeuses qui sont avantageusement choisies parmi l'hydrogène, l'hélium et le fluor. On peut aussi former
15 une couche poreuse sur une face du substrat et constituer, par épitaxie, une couche du deuxième matériau sur la couche poreuse. On peut encore former la couche de microcavités par une inclusion de gaz provoquée durant l'élaboration du substrat. Elle peut
20 aussi être formée à partir de l'interface constituée par la solidarisation d'un premier élément de substrat et d'un deuxième de substrat, fournissant ledit substrat. La couche de microcavités peut alors résulter de la présence de particules à ladite interface, de la rugosité de surface d'au moins un élément parmi le
25 premier élément de substrat et le deuxième élément de substrat, de la présence de micro-évidements à la surface d'au moins un élément parmi le premier élément de substrat et le deuxième élément de substrat ou de
30 contraintes induites à ladite interface.

Les germes de précipités peuvent être formés à partir d'espèces présentes dans le deuxième matériau. Ils peuvent aussi être formés à partir d'espèces introduites dans le deuxième matériau. Cette
35 introduction peut être réalisée par diffusion activée thermiquement. Dans ce cas, si la formation des

microcavités met en oeuvre un traitement thermique, les germes de précipités peuvent être formés simultanément avec les microcavités.

5 La croissance des précipités peut être réalisée par concentration d'espèces introduites dans le substrat. Cette introduction peut se faire par diffusion activée thermiquement, sous pression ou au moyen d'un plasma.

10 La croissance des précipités peut être réalisée par concentration d'espèces présentes dans le substrat, sous l'effet d'un traitement thermique.

15 Si la formation des germes de précipités et la croissance de ces précipités sont deux opérations nécessitant un traitement thermique, ces opérations peuvent être menées simultanément.

20 L'invention s'applique notamment à la réalisation d'un substrat semiconducteur pourvu d'une couche enterrée. Elle s'applique en particulier à la réalisation d'un substrat en silicium pourvu d'une couche enterrée d'oxyde de silicium.

25 La couche enterrée peut être continue ou non suivant les applications visées. Pour cela, on peut jouer sur la densité de précipités, sur l'utilisation d'un masque protégeant certaines zones du matériau soumis au procédé de l'invention

Brève description du dessin

30 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée du dessin annexé qui représente, en vue transversale, un substrat dans lequel est prévue une couche enterrée d'un matériau
35 différent du matériau constituant le substrat.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

A titre d'exemple, on va décrire un procédé de réalisation d'un substrat SOI selon la présente invention, en partant d'un substrat massif de silicium.

La première étape consiste à former une couche de microcavités dans le substrat référencé 1 sur la figure annexée.

Une technique simple à mettre en oeuvre consiste à former cette couche de microcavités par bombardement d'hydrogène à des doses (par exemple $3.10^{16} \text{H}^+/\text{cm}^2$) qui permettent d'obtenir à la profondeur moyenne de pénétration des particules R_p , et après recuit à 600°C pendant 30 minutes, des microcavités allongées dont la longueur est de quelques dizaines de nanomètres. Si l'énergie d'implantation est de l'ordre de 50 keV, la profondeur moyenne R_p de la couche de microcavités 2 se trouve à environ 500 nm de la face 3 du substrat au travers de laquelle est effectuée l'implantation. La largeur de la couche de microcavités 2 est alors de l'ordre de 150 nm.

Le couple dose d'hydrogène implantée/recuit de formation des microcavités est fortement dépendant des paramètres d'implantation et en particulier de la température d'implantation.

Sous le terme hydrogène, on entend les espèces gazeuses constituées sous leur forme atomique, sous leur forme moléculaire, sous leur forme ionique, sous leur forme isotopique (deutérium) ou encore sous leur forme isotopique et ionique.

Le substrat SOI désiré devant présenter une couche d'oxyde de silicium enterrée, la phase de création de germes de précipités d'oxyde peut être réalisée à partir de l'oxygène présent dans le silicium du substrat, au moyen d'un traitement thermique à une

température comprise entre 750°C et 800°C. Etant donné que l'on désire obtenir une couche enterrée d'oxyde, il est préférable que l'atmosphère du recuit contienne de l'oxygène. Dans ce cas, une faible épaisseur d'oxyde se
5 forme à la surface du substrat. Cette couche d'oxyde superficielle pourra être éliminée à la fin du procédé selon l'invention.

Une fois les germes de précipités formés, on va les faire grossir au moyen d'un recuit
10 d'oxydation. Il faut alors tenir compte de deux paramètres : la quantité d'oxygène introduite dans le matériau et le rayon critique des précipités d'oxyde.

La quantité d'oxygène introduite dans le matériau est contrôlée par la solubilité limite de
15 l'oxygène dans le silicium. Plus la température est élevée et plus la solubilité limite est élevée.

Le rayon critique des précipités d'oxyde est d'autant plus grand que la température est élevée.

En conséquence, si l'on veut faire croître
20 des précipités de petites dimensions et ne pas les dissoudre, il est nécessaire de réaliser le traitement thermique à une température inférieure à la température de dissolution du précipité. Il faut donc trouver un bon compromis. Une solution est d'effectuer des temps
25 de recuit longs avec des montées lentes en température. A titre d'exemple, on peut procéder ainsi :

- un premier palier à 750°C pendant 2 heures,
- un deuxième palier 800°C pendant 3
30 heures,
- un troisième palier à 900°C pendant 2 heures,
- un quatrième palier à 1000°C pendant 2 heures,
- un cinquième palier à 1100°C pendant 2
35 heures,

- un sixième palier à 1200°C pendant 8 heures avant de redescendre en température.

Un autre point important à contrôler est l'atmosphère du recuit. S'il est nécessaire de rester
5 longtemps à 1200°C pour introduire de l'oxygène dans la matrice de silicium, le substrat va également être oxydé en surface de façon importante. Pour garder un maximum de silicium en surface, il faut utiliser une atmosphère à faible teneur en oxygène, par exemple 5%
10 d'oxygène dilué dans de l'azote. Dans ce cas, pour un palier de 8 heures à 1200°C, l'épaisseur superficielle d'oxyde est de l'ordre de 120 nm et la couche d'oxyde enterrée formée est alors d'environ 50 nm. On obtient ainsi une couche enterrée 2 d'oxyde de 50 nm
15 d'épaisseur sous un film mince 4 de silicium d'environ 350 nm.

Les épaisseurs de la couche 2 d'oxyde et du film mince 4 sont donc conditionnées par l'énergie d'implantation et les conditions de recuit (atmosphère,
20 durée, température).

Une variante du procédé peut consister à implanter de l'hélium avec une dose de $2 \cdot 10^{16} \text{He}^+/\text{cm}^2$ sous une énergie d'implantation de 100 keV et d'effectuer un recuit à 900°C pendant 55 minutes pour
25 obtenir une couche de microcavités à une profondeur moyenne d'environ 600 nm de la surface implantée. Le substrat de silicium peut ensuite être oxydé dans des conditions (paliers de température et durée) identiques à celles mentionnées ci-dessus, mais en débutant
30 directement à 900°C. On obtient alors, par le même processus que précédemment une couche d'oxyde enterrée de 50 nm d'épaisseur sous un film de silicium d'environ 450 nm d'épaisseur.

L'invention permet donc d'obtenir, à partir
35 d'un substrat massif 1 en silicium, un substrat SOI constitué d'une plaque 5 de silicium recouverte d'une

couche isolante 2 elle-même recouverte d'un film mince
4 de silicium.

Parmi les avantages du procédé selon
l'invention, on peut citer le fait qu'il permet
5 d'utiliser une seule tranche d'un même matériau pour
fournir un substrat SOI. Il procure une très bonne
homogénéité au film mince de silicium et à la couche
d'oxyde enterrée. Il peut être mis en oeuvre en
utilisant des équipements standard en
10 microélectronique. Il présente aussi l'avantage d'être
simple de mise en oeuvre.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réalisation d'une couche (2)
d'un premier matériau enterré dans un substrat (1)
5 comportant au moins un deuxième matériau, caractérisé
en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- la formation dans ledit substrat (1), au
niveau de la couche enterrée désirée, d'une couche de
microcavités destinées à servir de centres de
10 nucléation et d'accommodation de volume pour élaborer
ledit premier matériau dans le deuxième matériau,
 - la formation de germes de précipités à
partir des centres de nucléation formés, les germes de
précipités correspondant au premier matériau,
 - 15 - la croissance des précipités à partir des
germes par concentration d'espèces correspondant au
premier matériau et apportées à la couche de
microcavités.
2. Procédé selon la revendication 1,
20 caractérisé en ce que la couche de microcavités est
formée en introduisant dans le deuxième matériau des
espèces gazeuses.
3. Procédé selon la revendication 2,
caractérisé en ce que les espèces gazeuses utilisées
25 pour former la couche de microcavités sont choisies
parmi l'hydrogène, l'hélium et le fluor.
4. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que, pour former la couche de
microcavités, on forme une couche poreuse sur une face
30 dudit substrat et on constitue, par épitaxie, une
couche dudit deuxième matériau sur la couche poreuse.
5. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que la couche de microcavités est
formée par une inclusion de gaz provoquée durant
35 l'élaboration du substrat.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche de microcavités est formée à partir de l'interface constituée par la solidarisation d'un premier élément de substrat et d'un
5 deuxième de substrat, fournissant ledit substrat.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la couche de microcavités résulte de la présence de particules à ladite interface.

8. Procédé selon la revendication 6,
10 caractérisé en ce que la couche de microcavités résulte de la rugosité de surface d'au moins un élément parmi le premier élément de substrat et le deuxième élément de substrat.

9. Procédé selon la revendication 6,
15 caractérisé en ce que la couche de microcavités résulte de la présence de micro-évidements à la surface d'au moins un élément parmi le premier élément de substrat et le deuxième élément de substrat.

10. Procédé selon la revendication 6,
20 caractérisé en ce que la couche de microcavités résulte de contraintes induites à ladite interface.

11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les germes de précipités sont formés à partir d'espèces présentes dans le deuxième
25 matériau.

12. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les germes de précipités sont formés à partir d'espèces introduites dans le deuxième matériau.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que ladite introduction est réalisée par diffusion activée thermiquement.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que, la formation des microcavités
35 mettant en oeuvre un traitement thermique, les germes

de précipités sont formés simultanément avec les microcavités.

15 15. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces introduites dans le substrat (1).

10 16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces introduites dans le substrat par diffusion activée thermiquement.

 17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces introduites sous pression dans le substrat.

15 18. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces introduites dans le substrat au moyen d'un plasma.

20 19. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la croissance des précipités est réalisée par concentration d'espèces présentes dans le substrat, sous l'effet d'un traitement thermique.

25 20. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la formation des germes de précipités et la croissance des précipités étant deux opérations nécessitant un traitement thermique, ces opérations sont menées simultanément.

30 21. Application du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 20 à la réalisation d'un substrat semiconducteur pourvu d'une couche enterrée.

35 22. Application selon la revendication 21, caractérisée en ce que le substrat (1) est en silicium et en ce que la couche enterrée (2) est une couche d'oxyde de silicium.

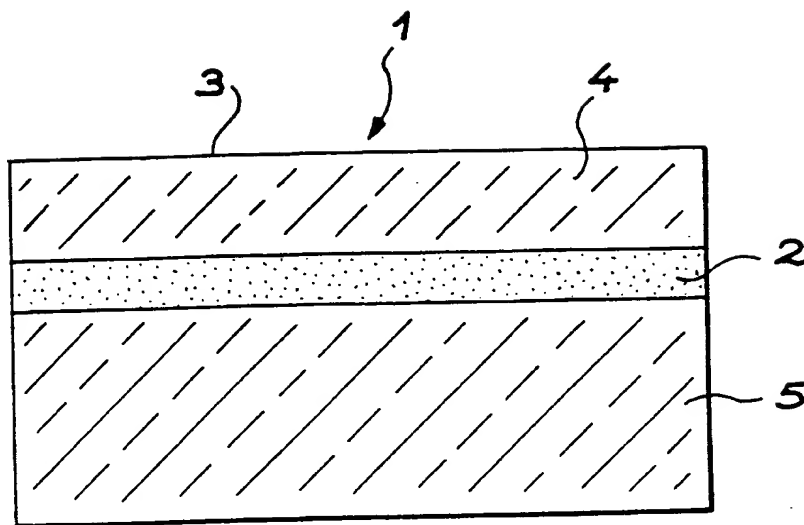


Fig 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 99/02476

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/762 H01L21/265

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 633 174 A (LI JIANMING) 27 May 1997 (1997-05-27) abstract; claims; figure 1 column 1, line 22 - line 47 column 2, line 17 - line 23 column 3, line 15 - line 30 ---	1-3, 11, 13, 19, 21, 22
Y	AKITO HARA ET AL: "OXYGEN PRECIPITATION CONTROL BY HYDROGEN AND PREANNEALING AT 425 C IN CZOCHRALSKI SILICON CRYSTALS" INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS, 1 August 1992 (1992-08-01), pages 35-37, XP000312169 page 36, column 1; figure 2 --- -/--	1-3, 11, 13, 19, 21, 22

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January 2000

Date of mailing of the international search report

24/01/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wirner, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Patent Application No
PCT/FR 99/02476

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 801 419 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 15 October 1997 (1997-10-15) abstract; claims; figures ----	1-3, 11-14, 19-22
A	US 4 837 172 A (MIZUNO BUNJI ET AL) 6 June 1989 (1989-06-06) abstract; claims; figures 1A-C ----	1-3, 11-14, 19-22
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 181 (E-083), 20 November 1981 (1981-11-20) & JP 56 110247 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 1 September 1981 (1981-09-01) abstract -----	1-5, 11-14, 19-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02476

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5633174	A	27-05-1997	US 5198371 A	30-03-1993
EP 0801419	A	15-10-1997	FR 2747506 A	17-10-1997
			JP 10041242 A	13-02-1998
			SG 52946 A	28-09-1998
US 4837172	A	06-06-1989	JP 63271942 A	09-11-1988
			JP 2001053 C	20-12-1995
			JP 7034478 B	12-04-1995
			JP 63027063 A	04-02-1988
JP 56110247	A	01-09-1981	JP 1236493 C	17-10-1984
			JP 59002185 B	17-01-1984



RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Internationale No

PCT/FR 99/02476

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01L21/762 H01L21/265

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 633 174 A (LI JIANMING) 27 mai 1997 (1997-05-27) abrégé; revendications; figure 1 colonne 1, ligne 22 - ligne 47 colonne 2, ligne 17 - ligne 23 colonne 3, ligne 15 - ligne 30 ---	1-3, 11, 13, 19, 21, 22
Y	AKITO HARA ET AL: "OXYGEN PRECIPITATION CONTROL BY HYDROGEN AND PREANNEALING AT 425 C IN CZOCHRALSKI SILICON CRYSTALS" INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS, 1 août 1992 (1992-08-01), pages 35-37, XP000312169 page 36, colonne 1; figure 2 --- -/--	1-3, 11, 13, 19, 21, 22

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 janvier 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

24/01/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Wirner, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

: Internationale No

PCT/FR 99/02476

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 801 419 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 15 octobre 1997 (1997-10-15) abrégé; revendications; figures ---	1-3, 11-14, 19-22
A	US 4 837 172 A (MIZUNO BUNJI ET AL) 6 juin 1989 (1989-06-06) abrégé; revendications; figures 1A-C ---	1-3, 11-14, 19-22
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 181 (E-083), 20 novembre 1981 (1981-11-20) & JP 56 110247 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 1 septembre 1981 (1981-09-01) abrégé -----	1-5, 11-14, 19-22

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Internationale No

PCT/FR 99/02476

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5633174 A	27-05-1997	US 5198371 A	30-03-1993
EP 0801419 A	15-10-1997	FR 2747506 A	17-10-1997
		JP 10041242 A	13-02-1998
		SG 52946 A	28-09-1998
US 4837172 A	06-06-1989	JP 63271942 A	09-11-1988
		JP 2001053 C	20-12-1995
		JP 7034478 B	12-04-1995
		JP 63027063 A	04-02-1988
JP 56110247 A	01-09-1981	JP 1236493 C	17-10-1984
		JP 59002185 B	17-01-1984

